



**EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIO DE COBERTURAS EN EL ÁREA
PERIURBANA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. - COLOMBIA MEDIANTE EL
ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT PARA LOS AÑOS
1991 Y 2016.**



ESTUDIANTE

BEATRIZ AMALIA GARAVITO GUERRERO

COD. 3101347

DOCENTE

ING. FELIPE RIAÑO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA

SEGUNDO SEMESTRE

BOGOTÁ D.C

2017



EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIO DE COBERTURAS EN EL ÁREA PERIURBANA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D. C. - COLOMBIA MEDIANTE EL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT PARA LOS AÑOS 1991 Y 2016.

URBAN EXPANSION AND CHANGES OF COVERAGE IN THE PERIURBAN AREA OF THE CITY OF BOGOTÁ D. C. - COLOMBIA USING THE MULTITEMPORAL ANALYSIS OF LANDSAT IMAGES FOR THE YEARS 1991 AND 2016.

Beatriz Amalia Garavito Guerrero
Ingeniera Forestal
Estudiante de especialización en Geomática
Universidad Militar Nueva granada
Bogotá, Colombia
beatrizgaravitoguerrero@gmail.com

RESUMEN

Se realizó el análisis multitemporal de la ciudad de Bogotá D.C con el fin de evidenciar el cambio de las coberturas a causa de la expansión urbana para un periodo de 25 años mediante la clasificación supervisada de imágenes Landsat correspondientes a los años 1991 y 2016.

La detección de cambios en los raster resultantes de las clasificaciones previas se ejecutó con el algoritmo de superposición THMROVR de la librería de análisis espacial de PCI Geomatics y posteriormente se definió el proceso de cambio evidenciado en dichas coberturas.

Se determinó que la expansión de la zona urbana de la ciudad de Bogotá se ha concentrado principalmente sobre áreas agrícolas y de vegetación secundaria, adicionalmente dicha expansión ha provocado en zonas colindantes al perímetro urbano un evidente cambio de coberturas naturales a espacios agrícolas.

Con el fin de salvaguardar los beneficios ecológicos que ofrecen las coberturas naturales se recomienda a los organismos de control ambiental efectuar un mayor seguimiento de los procesos de urbanización presentados en las periferias de la ciudad.

Palabras clave: Imágenes Landsat, Analisis Multitemporal, Expansión Urbana, Clasificación digital de coberturas.

ABSTRACT

The multitemporal analysis of the city of Bogotá D.C was carried out in order to show the change of coverage due to the urban expansion for a period of 25 years through the supervised classification of Landsat images corresponding to the years 1991 and 2016.

The detection of changes in the raster resulting from the previous classifications was executed with the THMROVR overlay algorithm of the PCI Geomatics space analysis library and later defined the process of change evidenced in those covers.

It was determined that the expansion of the urban area of the city of Bogotá has concentrated mainly on agricultural areas and secondary vegetation, additionally this expansion has caused in an area adjacent to the urban perimeter an obvious change from natural coverages to agricultural spaces.

In order to safeguard the ecological benefits offered by natural coverages, it is recommended that the environmental control agencies carry out a better monitoring of the urbanization processes presented on the outskirts of the city.

Keywords: Images Landsat, Multitemporal Analysis, Urban Expansion, Digital classification of coverages.

1 INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bogotá D.C se encuentra en constante crecimiento tanto poblacional como perimetral, el cual es un comportamiento normal tratándose de la capital colombiana que recibe año tras año miles de habitantes provenientes de las diferentes regiones del país y el cual puede atribuirse a cambios sociales, políticos, económicos y ambientales; es así que para el año 2020 se predice una población cercana a los 10'000.000 de habitantes [1] casi 3,2 millones de habitantes más a los reportados por la dirección Nacional de planeación para el año 2015 y que trae con ello una expansión urbana dentro del territorio de la ciudad [2].

Adicional al contexto social y económico inherente a la expansión urbana, al abordar este tema es necesario convocar al estudio y análisis de las coberturas que intervienen dentro del límite de la ciudad. Teniendo en cuenta las características de extensión y ubicación de dichas coberturas, la extracción de información temática a

partir de técnicas de teledetección logra considerarse como una herramienta fundamental en el manejo de información espacial [3].

En ese sentido, el uso de imágenes satelitales para el estudio de los diferentes elementos dispuestos en la superficie terrestre y su asociación directa con el método de detección de cambios en dos periodos de tiempo ha permitido el análisis multitemporal de coberturas, obteniendo así información de insumo en los procesos de evaluación ambiental, planificación territorial, parámetros para normativas locales, entre otros [4].

Conforme a lo anterior, en la obtención de imágenes de satelitales para investigaciones geoespaciales los sensores correspondientes a los satélites Landsat son ampliamente usados por expertos e investigadores, ello en virtud de sus características entre las cuales se destacan: el obtener información del 100% de la cobertura del planeta, la multiespectralidad, su resolución espacial de 30 metros y la temporalidad de retoma de 16 días. Sin embargo, el amplio uso de

imágenes Landsat en estudios de la tierra esta asociada principalmente al libre acceso a sus productos dispuestos en la plataforma de la United States Geological Survey (USGS) para toda la comunidad científica y exento de pago [5].

De igual manera en el marco de la interpretación de coberturas de la tierra uno de los principales referentes metodológicos a nivel mundial es Corine Land Cover, el cual es un proyecto europeo desarrollado en el año 1990 que define la metodología en el inventario de las coberturas terrestres [6]. Dicha metodología fue adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2010 con el objetivo de unificar los criterios y métodos utilizados para la clasificación coberturas en el país [7].

Ahora bien, al centrar la atención concretamente en la ciudad de Bogotá D.C, se han realizado investigaciones mediante el análisis multitemporal de coberturas con el uso de imágenes satelitales en algunos sectores específicos, en las cuales se ha identificado que la expansión urbana genera cambios tanto en el paisaje natural como en las coberturas asociadas a actividades agropecuarias [8-9].

Cabe resaltar que la ciudad de Bogotá no cuenta con estudios multitemporales realizados a partir de imágenes satelitales en cuyo desarrollo se contemple tanto la totalidad de la ciudad (estudios no sectorizados), así como las implicaciones de la expansión urbana

respecto a la dinámica con las diferentes coberturas, lo cual aportaría criterios técnicos en los procesos de planificación distrital en cuanto a los términos de la urbanización creciente.

Por consiguiente, el presente artículo evidencia el cambio de coberturas colindantes al perímetro urbano de la ciudad de Bogotá D.C en los últimos 25 años y analiza sus respectivas implicaciones ambientales, conforme la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, mediante un análisis multitemporal con imágenes Landsat de los años 1991 y 2016, utilizando el software PCI Geomatics.

2 ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Bogotá D.C se ubica en el centro del departamento de Cundinamarca, Colombia, sobre la cordillera oriental, sus coordenadas geográficas son 4°36'34" N de latitud y 74°04'54" O de longitud (Figura1), presenta una temperatura media anual de 14.0°C y una precipitación media anual de 1023 mm, al encontrarse sobre la zona de confluencia intertropical genera un régimen de precipitación bimodal [10]. Limita con los municipios de Guamal, Cubarral y La Uribe en el Meta, Colombia, en el Huila y Chía, Cota, Funza, Mosquera, Soacha, Pasca, San Bernardo, Arbelaez, Cabrera, Venecia, Calera, Chipaque, Choachi, Gutiérrez, Ubaque y Ure en el departamento de Cundinamarca.

Adicionalmente presenta una subdivisión en 20 localidades: Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San

Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria (Centro Histórico), Rafael Uribe Uribe, Ciudad

Bolívar y Sumapaz, siendo esta última la de mayor extensión y la que contiene al paramo del Sumapaz, el cual es un ecosistema estratégico y de importancia hídrica para la ciudad.

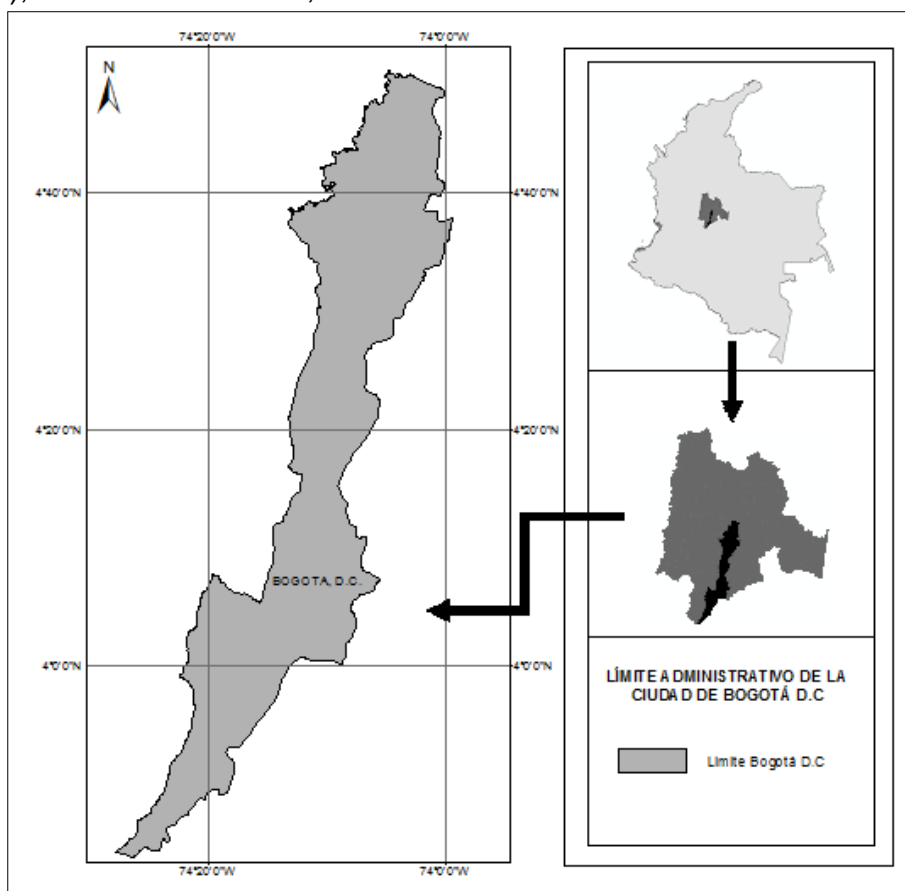


Fig. 1 Localización área de estudio

Fuente: Elaboración propia

3 MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso general puede dividirse en tres fases que incluyen, la fase preoperativa, la fase operativa y la fase final. En la fase preoperativa se obtienen los datos e insumos a utilizar en el desarrollo del estudio y se ajustan conforme a las características del software, en la fase operativa se realiza el procesamiento de la

información mediante el uso del software PCI geomatics con el fin de obtener los resultados y en la fase final se realizan los análisis correspondientes desde el punto de vista técnico y la consolidación de documento (Figura 2).

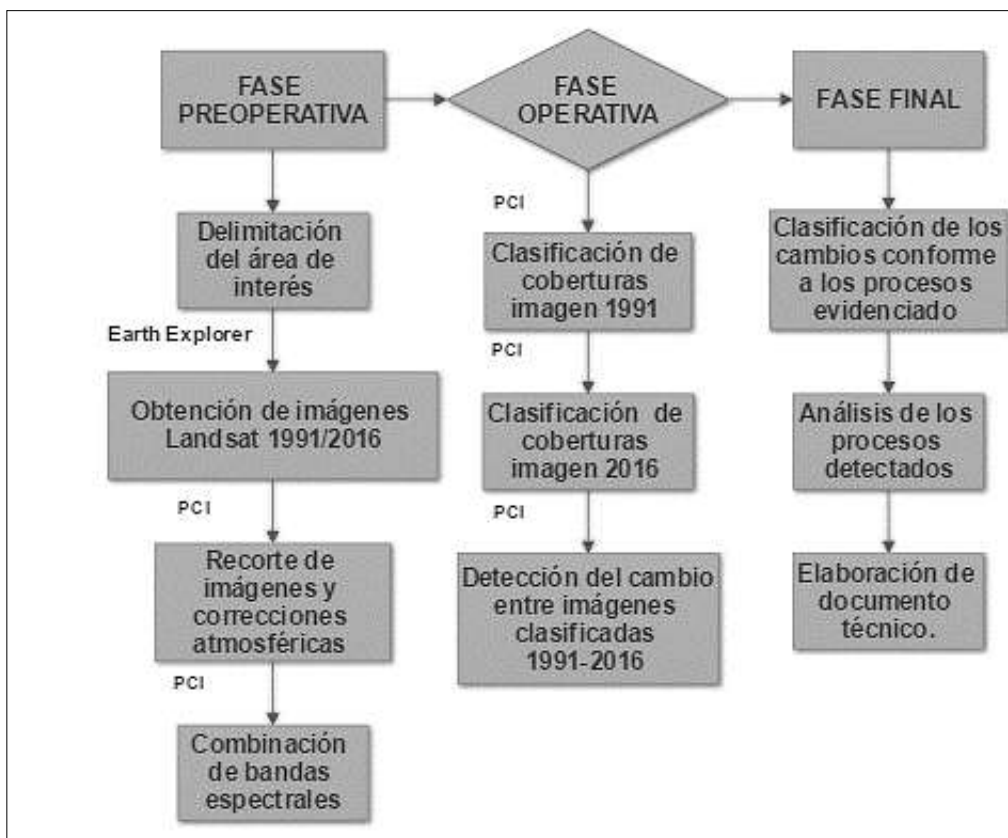


Fig. 2 Diagrama metodológico.

Fuente: Elaboración propia

3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se delimitó el área de estudio a partir del mapa de límites administrativos del instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). El cual se encuentra disponible en formato .Shp en el portal web del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT).

Para lo cual se tomó tanto el área rural como urbana de la ciudad de Bogotá D.C.

3.2 OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES A PROCESAR

Las imágenes Landsat de 1991 y 2016 fueron descargadas en nivel de procesamiento 1 (orthorectificado). Debido a que fueron tomadas del servidor earth explorer correspondiente al US Geological Survey (USGS), se utilizó el sistema de coordenadas geográficas UTM y el datum WGS 84. Conforme al nivel de procesamiento de las imágenes no se consideró necesario realizar correcciones geométricas adicionales [11]. Adicionalmente, la selección de las imágenes se evitó seleccionar aquellas escenas que presentaran alta nubosidad, bandeo o gaps y bruma,

puesto que ello limita el uso óptimo de las mismas [12].

3.3 PREPARACIÓN DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Se realizó un recorte de las imágenes con el fin de procesar el área incidente de la ciudad de Bogotá D.C, para ello se utilizó el shapefile del límite administrativo de la ciudad y la herramienta clipping/subsetting. Posteriormente se realizaron las correspondientes correcciones radiométricas las cuales son necesarias para subsanar errores asociados a perturbaciones en razón de fenómenos de absorción y difusión [13].

Las imágenes fueron transformadas a formato PCIDSK puesto el software permite realizar la clasificación bajo este formato, paralelamente se definió utilizar las combinaciones en falso color de bandas 4,5,3 y 5,6,4 (VNIR-SWIR-GREEN) para las imágenes correspondientes a 1991 y 2016 respectivamente. Lo anterior con el fin de evidenciar claramente las diferencias entre las coberturas inmersas en la zona de estudio.

3.4 PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

Se obtuvo una previa determinación las clases de coberturas presentes en el área de estudio conforme a la leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia en el 2010. Posteriormente se realizó la clasificación supervisada de cada una de las imágenes con el uso del

software PCI Geomatics versión 2015. En adelante se seleccionaron 10 muestras de entrenamiento para cada una de las coberturas previamente definidas. La selección de las muestras es un proceso cardinal y en el cual interviene la experticia del intérprete, toda vez que el algoritmo seleccionado realiza un retrato espectral de cada una de las clases a partir de la media y la varianza de dichas muestras [14].

Se procedió a realizar una serie de clasificaciones previas de las imágenes para contrastar los diferentes algoritmos de clasificación que ofrece el software y así lograr depurar las estadísticas de las muestras con el objeto de seleccionar el más apropiado [15]. Por consiguiente se ejecutó el algoritmo de clasificación de máxima verosimilitud o también conocida como máxima probabilidad, cuyos resultados responden al análisis de la probabilidad que tiene cada pixel de pertenecer a una clase conforme a su comportamiento espectral [16].

Posteriormente se realizaron ajustes a las clasificaciones obtenidas tanto para la imagen de 1991 como para la del 2016. De manera que se efectuaron mascarar a dichas clasificaciones con el fin de conjugar tanto el método de respuesta espectral enfocada a los pixeles con el método visual enfocada a objetos en el cual intervienen características como patrón, textura y forma de los objetos identificables en las imágenes. A continuación se asignaron filtros de paso bajo (3x3) a las clasificaciones

resultantes para mejorar la visualización y suavizar la estructura de los raster.

La detección del cambio de las coberturas presentes en la zona de estudio y que se evidencian en las clasificaciones correspondientes a los años 1991 y 2016, se realizó utilizando el algoritmo THMROVR encontrado en la librería de análisis espacial del software PCI. Dicho algoritmo realiza la superposición de los dos raster y evidencia aquellas áreas en las cuales se generaron cambios.

Con respecto a los cambios que se evidenciaron para las coberturas en los dos periodos de tiempo, se generó una columna en la tabla de atributos propia del raster de salida en la cual indica el proceso de cambio que tuvo incidencia en cada cobertura.

Finalmente se llevaron los tres raster generados en el software PCI Geomatics al software Arcgis versión 10.4 para acondicionarlos con los parámetros definidos para mapas temáticos.

4 RESULTADOS

Como resultado de las clasificaciones de las imágenes Landsat para 1991 y 2016 se establecieron las siguientes seis coberturas vegetales identificadas en ambos casos para la ciudad de Bogotá D.C:

- Bosques.
- Vegetación secundaria y/o en transición
- Pastos.

- Cultivos transitorios.
- Zonas urbanizadas.
- Herbazales.
- Áreas agrícolas heterogéneas.

En la tabla 1 se aprecian las áreas correspondientes a cada una de las coberturas para los años 1991 y 2016, así como la diferencia entre dichas áreas.

Tabla 1. Cambios de área en las coberturas

TIPO DE COBERTURA	ÁREA 1991 (Ha)	ÁREA 2016 (Ha)	CAMBIO (Ha)
Bosques	12532,214	10457,82949	-2074,38451
Pastos	12365,677	11828,89571	-536,78129
Cultivos transitorios	17750,401	12392,01326	-5358,38774
Zonas urbanas	27752,90341	35234,79753	7481,89412
Herbazales	87914,206	82492,01326	-5422,19274
Área agrícolas heterogéneas	8086,793	11729,41841	3642,62541
Vegetación secundaria y/o en transición	2117,543	4384,76975	2267,22675

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia las coberturas que mayor incremento presentaron en el periodo de 25 años fueron las de zonas urbanas y cultivos transitorios.

De la interpretación de coberturas terrestres de las imágenes Landsat se generaron dos mapas los cuales son mostrados en las figuras 3 y 4.

La cuantificación del cambio para los dos momentos de tiempo generado a partir de la superposición pixel a pixel de los mapas referenciados anteriormente se aprecia en la figura 5.

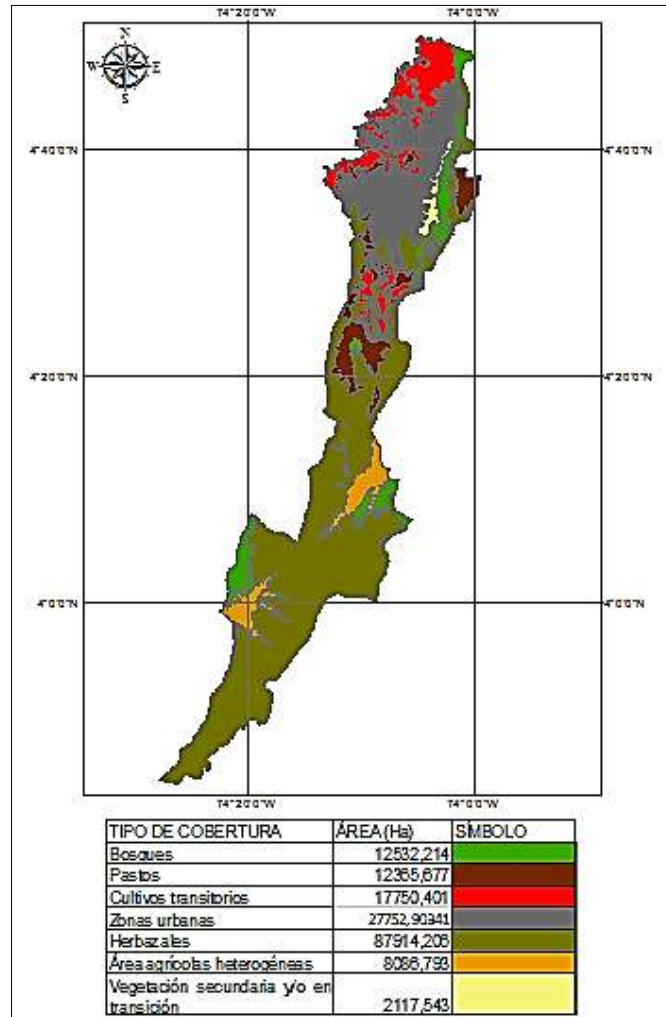


Fig. 3 Mapa de coberturas para la ciudad de Bogotá D.C (1991)

Fuente: Elaboración propia

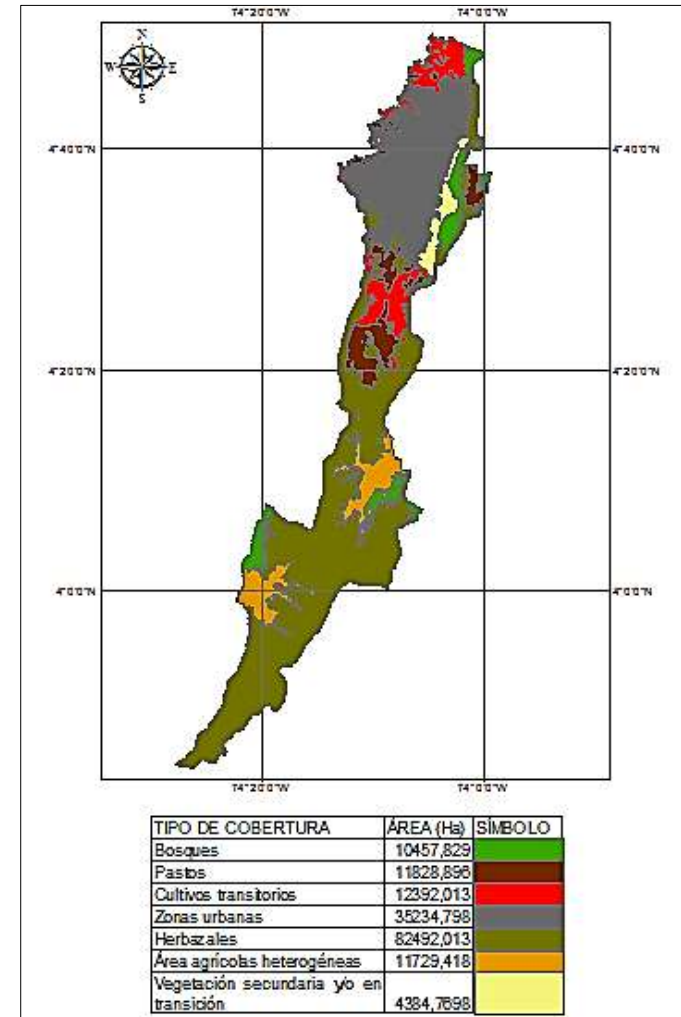


Fig. 4 Mapa de coberturas para la ciudad de Bogotá D.C (2016)

Fuente: Elaboración propia

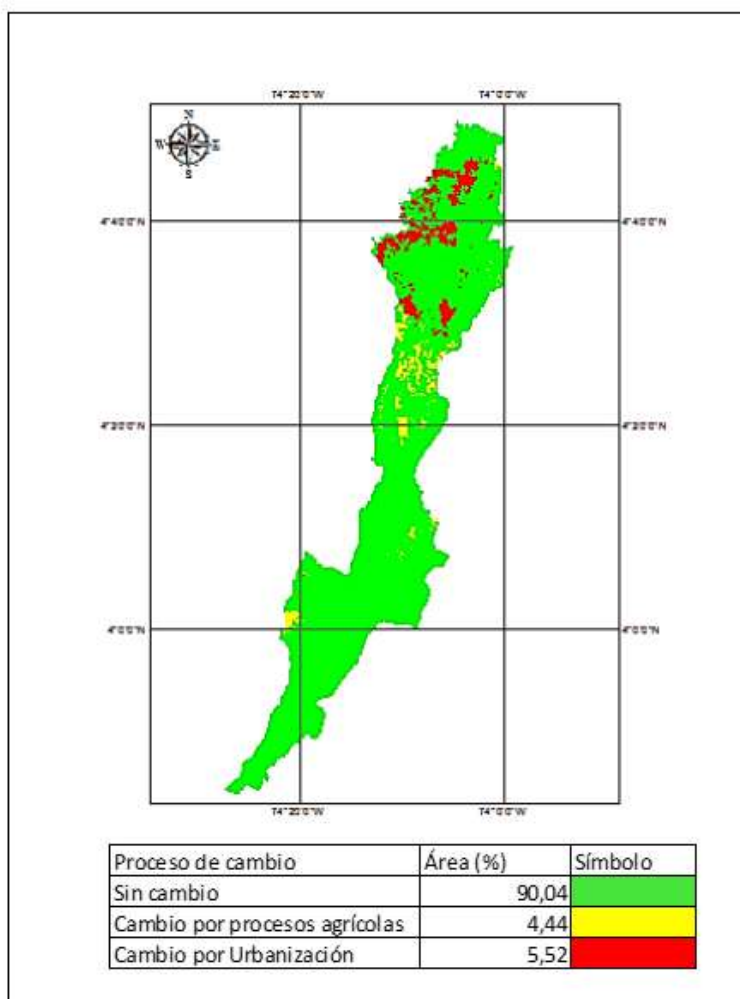


Fig. 5 Mapa de cambios

Fuente: Elaboración propia

El mapa de cambios permite identificar en color rojo las zonas de expansión urbana para la ciudad de Bogotá D.C en los últimos 25 años, evidenciando que sobre el costado occidental de la ciudad se concentran aquellas zonas que presentaron un proceso de urbanización en coberturas de cultivos y pastos.

La detección del cambio en el costado oriental de la ciudad y sobre los cuales se localizan los cerros orientales

cubiertos principalmente por bosque y vegetación secundaria y/o en transición, reconoce pequeñas zonas de ampliación urbana las cuales se localizan principalmente en las localidades de Usaquén, Chapinero y San Cristóbal. Paralelamente en dirección sur de la ciudad se identifican dos grandes áreas urbanizadas, estas se encuentran localizadas en las localidades de Usme y Ciudad Bolívar.

5 DISCUSIÓN

El crecimiento de la zona urbana en dirección a los cerros orientales de la ciudad identifica no solo el proceso de deforestación y lo que este acarrea sino también una falta de seguimiento y control de los entes de planeación distrital puesto que en ese sector se localiza la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, la cual sumado a diferentes características permite la conectividad entre los Parques Nacionales Naturales de Chingaza y Sumapaz los cuales son ecosistemas de importancia ecológica [17].

Por otra parte, la ampliación de la frontera agrícola que se evidencia de coloración amarilla en el mapa de cambios (figura 5), es un proceso consecuencia de la búsqueda de alternativas económicas para la población residente en las nuevas áreas urbanas. Sin embargo, la ampliación de la frontera agrícola es un proceso que se ha identificado en el día a día de las entidades tanto ambientales como administrativas y que interfiere en la gestión propiciada por estas [18].

En ese orden de ideas la expansión de la cobertura “zonas urbanizadas” se debe en mayor medida a la demanda de viviendas en áreas de cultivos transitorios, pastos, bosques y herbazales. Lo anterior en respuesta a la densificación poblacional que ha atravesado la capital del país en los últimos 25 años por diferentes procesos sociales y económicos lo que concuerda con lo expresado por

Yagüe en el 2002 [19]. Así mismo, Algunos procesos de cambios en las coberturas están asociados a los factores demográficos y económicos impulsados por políticas públicas y decisiones gubernamentales [20]. Adicionalmente el estudio permite identificar que la dinámica de cambio en la capital esta direccionada al crecimiento urbano lo cual es predecible para las capitales del país conforme a los múltiples factores que intervienen en dichas ciudades [21].

En términos generales la detección de los cambios evidencia la clara intervención antrópica en la creciente tendencia de transformación de coberturas naturales en áreas artificias. Con lo cual se alteran dichas coberturas y las dinámicas ecológicas que en estas intervienen [22].

Uno de los focos más grandes de cambio a causa de la expansión urbana en Bogotá para el periodo de estudio se localizó en la localidad de Ciudad Bolívar, sin embargo en dicha localidad el proceso tiene que ver más con el cambio de coberturas destinados a fines relacionados con la disposición de residuos y minería. Dos actividades altamente agresivas con el medio ambiente y el bienestar de la población residente en cercanías a dichas zonas [9].

Si bien el cambio de las coberturas a causa de la urbanización corresponde en los últimos 25 años a un 5,52% del área total del territorio bogotano, la ciudad está destinada al crecimiento y más aun con los procesos civiles que

tienen lugar actualmente en el país (el proceso de paz, por ejemplo) que acarreen consigo indirectamente el desplazamiento de habitantes a la capital, es indispensable que se acuda a profesionales y expertos multidisciplinarios en los procesos de ordenamiento territorial que serán oportunos de realizar para Bogotá.

6 CONCLUSIONES

Algunos métodos de teledetección como lo es el de utilizar imágenes satelitales correspondientes a los sensores Landsat para la clasificación de coberturas, permiten el estudio de extensas áreas logrando un escenario ideal para estudios regionales, en los cuales se facilita el acceso a la información y se reducen costos de campo.

La selección de las imágenes satelitales y la preparación de las mismas cumplieron un papel fundamental en el desarrollo del presente estudio ya sus características condicionaron el nivel de detalle, la clasificación, la interpretación y la final cuantificación de los cambios.

La clasificación supervisada resultante del software PCI Geomatics se considera un punto de partida crucial en la clasificación de coberturas en estudios regionales, sin embargo es indispensable realizar un riguroso proceso de máscaras y filtros conforme a los conocimientos del intérprete en cuanto a la textura, forma y patrón de cada una de las coberturas.

El mapa de cambios permite identificar que el crecimiento urbano de la ciudad condiciona el cambio general de coberturas en el área de estudio por consiguiente, las zonas alejadas al área urbana de Bogotá presentan pequeños cambios los cuales no se consideran significativos.

Los cambios de las coberturas en las zonas limítrofes al área urbana de las ciudades evidencian la intervención antrópica sobre las superficies tanto en la búsqueda de espacios residenciales como en el aprovechamiento de la tierra como recurso frente a las actividades económicas asociadas principalmente con el sector agrícola.

El evidente crecimiento del área urbana en la ciudad del Bogotá los últimos 25 años (5.52%) concibe que las estrategias de planificación distrital se enfoquen en la consolidación de ciudades satélites adyacentes a la capital del país, de manera que no solo se pueda moderar la expansión urbana en la ciudad, sino que adicionalmente permita contrarrestar el acelerado crecimiento poblacional por lo menos en lo que concierne a cambiar el paradigma de ver a Bogotá como el principal destino migratorio para miles de colombianos en búsqueda de oportunidades y desarrollo.

Es necesario que la planificación territorial se enfoque en las localidades de ciudad Bolívar, Usme y Sumapaz puesto que teniendo en cuenta que son en estas aquellas zonas en las que aun se cuenta con

área naturales sin reglamentar y en las cuales la expansión de la cobertura urbana no ha intervenido considerablemente; el futuro crecimiento urbano se centraría en dichas localidades y es función de los organismos de control velar por que el desarrollo de la ciudad no intervenga con los beneficios ambientales que este tipo de coberturas ofrecen.

7 REFERENCIAS

[1] Secretaria Distrital de Hacienda., (2010)
<https://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0140/01411.htm>

[2] Dirección nacional de Planeación., (2015).
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20publicas/Bogota%20A1%202015.pdf>

[3] Franco, R. & Rodríguez, J., (2005). Análisis Multitemporal Satelital De Los Bosques Del Carare - Opón Mediante Imágenes Landsat De 1991 Y 2002. Colombia Forestal. Volumen (9), pp. 157-162.

[4] Riaño, M., (2002). Consideraciones y Métodos Para la Detección de Cambios Empleando Imágenes de Satélite en el Municipio de Paipa. Colombia Forestal. Volumen (15), pp. 41-62.

[5] Gonzalez, F., Carreño, F., & De Pablo M., (2007). Aplicación de imágenes Landsat (tm y etm+) en estudios geoestructurales en el NO del

Macizo Ibérico. Cadernos Lab. Xeológico de Laxe. Vol. 32. Pp. 47 – 62.

[6] IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

[7] IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

[8] Hernandez, G., Rojas, R., & Sanchez, C., (2013). Cambios en el uso del suelo asociados a la expansión urbana y la planeación en el corregimiento de Pasquilla, zona rural de Bogotá (Colombia). Revista Colombiana De Geografía. Volumen (22). Pp. 257-271.

[9] Pinzón, C., (2012). Transformaciones socioespaciales en el área rural de la localidad 19, Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. (1997-2010). Perspectiva Geográfica. Volumen (17). Pp. 97-122.

[10] Alcaldía mayor de Bogotá (2015). Ubicación de la ciudad
<http://www.bogota.gov.co/print/78>.

- [11] Ariza, A., (2013). Productos LDCM - Landsat 8. Grupo Interno de Trabajo en Percepción Remota y Aplicaciones Geográficas de IGAC. Bogotá.
- [12] Ramos, N., Bell-Iloch, I., Galano, S., Estrada, R., Martín, G., (2009). Software para corregir los datos inválidos en las imágenes Landsat 7. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Volumen (9). 17. Pp. 3-11.
- [13] Polanco, J., (2011). Teledetección De La Vegetación Del Páramo De Belmira Con Imágenes Landsat. Revista Dyna. Volumen (79). 171. Pp. 222-231.
- [14] Garcia, T., & François, J., (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Volumen (67). Pp. 7-19.
- [15] García, A., Cocero, M., Velázquez, S., Blanco, M., Grande, O., Núñez, M., Tejera, G., (2002). Aplicación De La Teledetección A La Gestión Silvopastoral. Departamento de Geografía De la Universidad Politécnica de Madrid.
- [16] Ardila, J., Espejo, O., Herrera, J., (2005). Validación de una metodología de clasificación de imágenes satelitales en un entorno enfocado a objetos. Revista Ingeniería. Volumen (10). 1. Pp. 61-69.
- [17] Resolución 76 de 1977. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Propiedad de la Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- [18] Molina, G., & Albarran A., (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela. Revista colombiana de Geografía. Volumen (22), pp. 25-40.
- [19] Yagüe, B., (2002). Teledetección y transformaciones territoriales en el sur-este de Madrid en el cambio de siglo (1999-2001). Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Volumen (extraordinario, 2002). Pp. 519-530.
- [20] Pinto, J., & Ruiz, T., (2010). Patrones de deforestación y fragmentación 1976-2006 en el municipio San Julián (Santa Cruz, Bolivia). Ecología en Bolivia. Volumen (45).2. Pp. 101-115.
- [21] Cifuentes, R., & Londoño, L., (2015). Análisis del crecimiento urbano: Una aproximación al estudio de los factores de crecimiento de la de Manizales como aporte a la planificación. Revista Gestión y Ambiente. Volumen (13). Pp. 53-66.
- [22] Parra, M., (2010). Identificación y Delimitación de Humedales Lénticos en el Valle alto del Río Cauca mediante el procesamiento digital de imágenes de Satélite. Tesis de grado no publicada. Universidad del Valle, Calí, Colombia.